

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-062605

(43)Date of publication of application : 13.03.2001

(51)Int.Cl.

B23B 27/14
B23C 5/10
B23P 15/28
C01B 31/02
C23C 14/06

(21)Application number : 11-242773

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 30.08.1999

(72)Inventor : FUKUI HARUYO

(54) AMORPHOUS CARBON COATED TOOL

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain excellent surface roughness immediately after film coating, a high film forming rate and wear resistance at a low manufacturing cost by forming an amorphous carbon film for coating a tool surface, by a physical evaporation method using a raw material containing graphite with a characteristic close to diamond.

SOLUTION: An amorphous carbon film formed by a physical evaporation method is called a diamond-like carbon film, a DLC film, an a-c: H-film, a hard carbon film or the like and obtained by a coating method using the sublimation reaction of graphite used as a start raw material in order to obtain a high hardness equivalent to diamond. A surface phase with a film thickness of 0.05-1 μm composed of groups IVA, VA, VIA, metal elements in the periodic table, and a compound composed of elements selected out of boron/aluminum and silicon/germanium groups, is provided between the amorphous carbon film and a tool surface. The total film thickness including the amorphous carbon film is 0.1-5 μm , and the hydrogen content of the amorphous carbon film is less than 15%.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.07.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the amorphous carbon covering tool which covered the film which has abrasion resistance and joining-proof nature on the front face of the tool into which hard particle content material, such as hard metals, such as aluminum, and an alloy of those, or graphite, is processed. It is related with the tool optimal as the cutting throwaway tip especially represented by lathe-turning tools (drill end mill reamer etc.) and the milling cutter tool and cutting tools (cutter knife slitting machine etc.).

[0002]

[Description of the Prior Art] The cutting tool is conventionally asked for that cutting force is made small and high efficiency can be processed, making small damage on the front face of a tool, and maintaining at a high life, carrying out finishing (the shape of surface type, a base material degree of hardness, dimensional accuracy, etc.) of a workpiece to high definition, etc. It is in the inclination to decrease the cutting fluid used in order to carry out cutting to lubrication from the needs of environmental preservation recently in addition to the above, and development of the tool by which neither a life nor cutting efficiency falls even if it does not use cutting fluid is desired strongly. Then, in order to improve abrasion resistance and lubricity, the tool which gave Ti system ceramic coats, such as TiN-TiC-TiCN-TiAlN, is widely used for the front face of these cutting tools.

[0003] However, there was a problem that a work material welded [a work material / of a cutting tool / cutting-edge] in the case of elasticity metals, such as an aluminum containing alloy, and cutting force became large also with the cutting tool which covered the above-mentioned Ti system ceramic film. Moreover, in the case of the work material containing detailed hard particles, such as graphite, since it was machinable and processing was performed on a high speed and quantity delivery conditions, there was a problem that tool wear was intense compared with other work materials. So, conventionally, there is joining-proof nature in aluminum, its alloy, or the tool into which graphite is processed, and the diamond film of a high degree of hardness was used for it.

[0004] Moreover, there are some which covered the amorphous carbon film as a processing tool which a work material cannot weld easily. Some which are depended on the plasma chemistry vacuum deposition which used hydrocarbon system gas (methane benzene acetylene etc.) are one of those which are well used from the former as a process of the coat of this tool.

[0005] In addition, there is invention of JP,10-25565,A which indicated the membrane formation approach covered with the arc ion plating method which used carbon as the raw material. The description of this invention is having established the defense object between the raw material and the base material, in order to remove a particle with a particle size of 0.1 micrometers or more.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the above-mentioned diamond film is polycrystal structure, its surface irregularity is large, and in order to use it as a precision processing tool, it needs to grind the front face which constitutes a complicated configuration with the irregularity.

However, since the diamond film was hard most with an existing ingredient, it caused an extraordinary cost rise that there is no other way but the to use.

[0007] Furthermore, an about 20-30-micrometer thick film is required for the thickness of ceramic coats, such as the usual TiN, beforehand in order to grind a front face finally to being 2-3 micrometers in the case of the diamond film. Moreover, since membrane formation is performed carrying out etching removal of the graphite which carries out coincidence growth at the time of diamond growth, its membrane formation rate is very low. Specifically, it is less than 1/10 membrane formation rate to ceramic coats, such as other TiN(s). Therefore, there was a problem that a manufacturing cost including a polish process and a membrane formation process became very high.

[0008] in order to use hydrogen content gas for a raw material on the other hand by the amorphous carbon film made with the above-mentioned plasma chemistry vacuum deposition -- the inside of a coat -- hydrogen -- 15 - 40at% -- it is contained and there is a problem that a degree of hardness becomes low. The Knoop hardness (Hk) of the amorphous carbon film by this process is about $Hk=3000\text{kg/mm}^2$ at the maximum, and its degree of hardness is actually quite low as compared with $Hk=10000\text{kg/mm}^2$ of the diamond film. Furthermore, if the temperature of a coat rises and it becomes about 350 degrees C by friction at the time of processing, it will slip out of the hydrogen in a coat gradually out of a coat.

Consequently, as for the amorphous carbon film, structure metamorphoses into the graphite film. Then, a degree of hardness will fall remarkably. Therefore, when the amorphous carbon film by the above-mentioned process is covered to cutting tools, such as the edge of a blade which temperature goes up locally, a problem remains in respect of abrasion resistance.

[0009] Moreover, since invention of above-mentioned JP,10-25565,A has established the defense object between the raw material and the base material, its membrane formation rate is as late as 200 nm/min. Therefore, it requires long duration and is not realistic in order to thicken thickness. Furthermore, in order that this invention may also use hydrogen content gas for membrane formation, an actual degree of hardness is as low as about $Hk=3000\text{kg/mm}^2$.

[0010] Then, the key objective of this invention is to offer the amorphous carbon covering tool which a membrane formation rate is high, and can reduce a manufacturing cost, and has abrasion resistance while improving tool surface roughness immediately after carrying out a coat.

[0011]

[Means for Solving the Problem] This invention is an elasticity metal or a tool into which hard particle content material is processed, and said amorphous carbon film is an amorphous carbon covering tool characterized by being formed by the physical vapor deposition using the raw material containing the graphite which can cover cheaply and has a property near a diamond in the amorphous carbon covering tool with which the amorphous carbon film was covered by the tool front face.

[0012] here, the amorphous carbon film by the above-mentioned physical vapor deposition is diamond-like -- it is called the carbon film, the DLC film, the a-C:H film, the a-C film, the hard carbon film, etc., and these [all] are included. And this amorphous carbon film is obtained by the covering approach using the sublimation reaction of graphite by using graphite as a start raw material, in order to obtain the high degree of hardness which is equal to a diamond. Moreover, if this amorphous carbon film does not introduce reactant gas intentionally during membrane formation, it will be constituted by the carbon atom except for the impurity contained unescapable during membrane formation. Therefore, the above-mentioned amorphous carbon film is the structure near [carbon / hydrogenation amorphous] a diamond, and while a degree of hardness can be made high, an anti-oxidation property is also improved by the same about 600 degrees C as a diamond.

[0013] The arc ion plating method and the laser ablation method, the sputtering method, etc. which are generally used industrially are suitable for the physical vapor deposition which used the above-mentioned graphite as the start raw material. As for these membrane formation approaches, a membrane formation rate does not have the problem of a manufacturing cost like the diamond film highly. In addition, the membrane formation approach according to the arc ion plating method especially at this invention is desirable. Furthermore, in order to obtain a high degree of hardness, it is desirable to carry out under the ambient atmosphere of gas with few hydrogen contents. Moreover, in this invention, a

defense object etc. is not established between a raw material and a tool front face like invention of JP,10-25565,A, but a membrane formation rate is as high as 400 nm/min. In addition, in order to improve the surface roughness of the amorphous carbon film, the approach of preventing the granular debris from a graphite raw material can also be proposed. For example, there is an approach except the granular debris which bends an arc plasma magnetically using the approach and bend which lessen evaporation and form membranes by making small the arc current over a graphite raw material, and moves linearly etc. The smooth film is obtained by these membrane formation approaches.

[0014] Between the amorphous carbon film and a tool front face, it is desirable to have a volume phase. As for this volume phase, what consists of periodic tables IVa and Va, a VIa group metallic element and boron, aluminum, silicon, and one or more sorts of elements chosen from the group of germanium is desirable. Or it may consist of compounds which consist of one or more sorts of elements chosen from the group of periodic tables IVa and Va, a VIa group metallic element and boron, aluminum, silicon, one or more sorts of elements chosen from the group of germanium, carbon and nitrogen, and oxygen between the amorphous carbon film and a tool material. And as for the thickness of a volume phase, it is desirable that it is 0.05 micrometers - 1 micrometer. Less than 0.01 micrometers of the improvement effect of adhesion with a coat are insufficient, and if it exceeds 1 micrometer, although change not much and there is no adhesion, since membrane formation time amount becomes long, it is uneconomical. It is possible for the adhesion of a remarkable low coat to be raised compared with ceramic coats, such as the usual TiN, and to prolong a tool life by making such a volume phase intervene.

[0015] It is suitable for the sum total thickness of the above-mentioned amorphous carbon film and a volume phase that it is 0.1 micrometers - 5 micrometers. It is because the internal stress accumulated in a coat will become large and it will become easy to exfoliate in less than 0.1 micrometers, if it is easy to wear out and 5 micrometers is exceeded.

[0016] Since a membranous degree of hardness will fall extremely if the hydrogen content of the amorphous carbon film exceeds 15at% in order to make the degree of hardness of a coat high, it is desirable that it is less than [15at%]. Moreover, few hydrogen contents are so good that there are. Therefore, less than [10at%] and a still more desirable hydrogen content are 0 - 5at% more preferably. this -- Hk= -- it has a degree of hardness beyond Hk=5000kg/mm² especially two or more

[3500kg //mm]. In addition, in order to lessen a hydrogen content, in the physical vapor deposition which covers the amorphous carbon film, it is good to form under the ambient atmosphere which does not contain hydrogen. For example, it is good to use inert gas, such as argon gas and nitrogen gas, etc.

[0017] In addition, in the inclusion of the above-mentioned amorphous carbon film, in below 15at%, it is the range below 10at% more preferably, and atoms, such as hydrogen, nitrogen, and an argon, may be contained in the coat all over the range in which neither a degree of hardness nor oxidation resistance is reduced, i.e., a coat configuration element.

[0018] Cemented carbide, various ceramic high-speed-steel steel, etc. are good for this invention amorphous carbon covering tool base material. this invention amorphous carbon covering tool fits a drill end mill reamer throwaway tip cutter knife slitting machine etc. Moreover, hard particle content material, such as elasticity metals, such as aluminum and its alloy, or graphite, etc. is good as these *-ed material.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained. The membrane formation equipment 1 shown in drawing 1 performs membrane formation of this invention amorphous carbon covering tool. As shown in drawing 1, membrane formation equipment 1 had the gas inlet 10 in the upper part, equipped the lower part with the exhaust port 11, and has connected the evacuation pump (not shown) to this exhaust port 11. In the location where it counters in membrane formation equipment 1, two or more targets (raw material) 2-3 are arranged. This target 2-3 is connected to the vacuum arc power source 7-8. Moreover, the base material holder 4 equipped with a base material 5 is installed in 1 in membrane formation equipment center section. This base material holder 4 is the configuration that the ion generated from a target 2-3 can be uniformly adhered to the base material 5 with which it equipped by rotating. The base material heating heater 6 which heats a base material 5 in

the location which counters considering the base material holder 4 as a core is arranged.

[0020] The following procedures perform the ion plating method by the vacuum arc discharge using the above-mentioned equipment.

(1) Arrange two or more targets 2-3 in membrane formation equipment 1. A target 2-3 is connected to the vacuum arc power source 7-8.

(2) Equip with a base material 5 the base material holder 4 which rotates among these targets 2-3 centering on the central point of a target 2-3.

[0021] (3) Cover a volume phase and amorphous carbon, controlling the discharge current of the vacuum arc power source 7-8. By controlling the discharge current, arc discharge changes and it is covered with the evaporation of 2-target 3 ingredient fluctuating by that cause. The degree of vacuum in membrane formation equipment 1 is made into the ambient atmosphere of 7×10^{-3} Pa. It heats to 100 degrees C using the base material heating heater 6, introducing argon gas from a gas inlet 10, and holding in the ambient atmosphere of 1×10^{-1} to 1 Pa. After washing by applying the electrical potential difference (bias power supply) 9 of -1000V to the base material holder 4, argon gas is exhausted with the evacuation pump 11.

[0022] (4) Form a volume phase on a drill front face by making the target 2 of a periodic table IVa-Va-VIa group metallic element and aluminum silicon evaporate and ionize by vacuum arc discharge, introducing some kinds of N₂ gas and CH₄ gas argon gas at a rate of sum total flow rate 100 cc/min in membrane formation equipment 1. [some kinds of / any one kind or] Furthermore, the amorphous carbon film is formed by making the target 3 of graphite evaporate and ionize on it.

[0023] Hereafter, the example of this invention amorphous carbon covering tool explains concretely. In the example, the tool which covered the amorphous carbon film with the bottom of an ambient atmosphere with few (it contains also when not using hydrogen content gas) hydrogen contents was used. Moreover, in the example of a comparison, the covering tool formed under the ambient atmosphere which contains hydrogen content gas in addition to the above-mentioned gas was used. In addition, formation of this invention amorphous carbon covering tool may be which approach, as long as it is not restricted to the process used here and membranes are formed with the physical vapor deposition using graphite.

[0024] (Example 1) this invention article 1-30 into which thickness and the component of a volume phase were changed as shown in Table 1-2 as a tool base material using the drill made from cemented carbide which is $\phi 8$ mm whose presentation is JIS K10 was prepared. this invention article 1-28 is the drill which gave the coat by the above-mentioned approach. this invention article 29-30 is a tool which has not covered the volume phase. Moreover, for the comparison, as shown in Table 2, the covering drill of the comparison article 1-5 was also prepared. In addition, usual plasma-CVD equipment is used for the comparison article 1-3, and it forms the amorphous carbon film containing many hydrogen in the same drill front face as the above.

[0025] To the above-mentioned drill, the drilling test (wet conditions by external oil supply) by the conditions of Table 3 was performed, and the adhesion situation in the rate of thrust reduction and cutting edge to a non coat drill was measured. In addition, the rate of thrust reduction is conventionally evaluated on the basis of thrust resistance of elegance 1. The result of each above-mentioned cutting trial is shown in Table 1-2.

[0026]

[Table 1]

	界面層		表面層		スラスト 低減率(%)	溶着状況	水素含有 量(at%)	ヌープ硬度 (kg/mm ²)	成膜レ-ト (nm/min)
	膜質	膜厚(μm)	膜質	膜厚(μm)					
1	Cr	0.05	非晶質かぶし	1.2	67	溶着無し	0	5000	400
2	Cr	0.1	非晶質かぶし	1.1	65	溶着無し	0	4600	400
3	Cr	0.5	非晶質かぶし	1.0	61	溶着無し	0	4400	400
4	Cr	1.0	非晶質かぶし	1.1	63	溶着無し	0	4500	400
5	Cr	1.0	非晶質かぶし	1.2	64	溶着無し	0	4800	400
6	Cr	0.1	非晶質かぶし	0.1	68	溶着無し	0	3500	400
7	Cr	0.1	非晶質かぶし	2.5	65	溶着無し	0	6500	400
8	Cr	0.1	非晶質かぶし	4.9	64	溶着無し	0	8000	400
9	Ti	0.1	非晶質かぶし	1.2	62	溶着無し	5	4400	400
10	V	0.1	非晶質かぶし	1.3	64	溶着無し	8	4000	400
11	Zr	0.1	非晶質かぶし	1.1	64	溶着無し	4	4600	400
12	Nb	0.1	非晶質かぶし	1.1	63	溶着無し	10	3800	400
13	Mo	0.1	非晶質かぶし	1.2	63	溶着無し	13	3500	400
14	Hf	0.1	非晶質かぶし	1.2	65	溶着無し	6	4200	400
15	Ta	0.1	非晶質かぶし	1.1	64	溶着無し	5	4400	400
16	W	0.1	非晶質かぶし	1.2	63	溶着無し	3	4500	400
17	Si	0.1	非晶質かぶし	1.1	64	溶着無し	2	4600	400

本発明品

[0027]

[Table 2]

		界面層		表面層		スラスト 低減率(%)	溶着状況	水素含有 量(at%)	ヌープ硬度 (kg/mm ²)	成膜レ-ト (nm/min)
		膜質	膜厚(μm)	膜質	膜厚(μm)					
本発明品	18	Al	0.1	非晶質カーボン	1.0	66	溶着無し	0	5000	400
	19	B	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	2	4600	400
	20	Ge	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	5	4450	400
	21	TiN	0.1	非晶質カーボン	1.0	62	溶着無し	5	4450	400
	22	CrN	0.1	非晶質カーボン	1.1	61	溶着無し	1	4900	400
	23	VN	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	3	4400	400
	24	ZrN	0.1	非晶質カーボン	1.3	64	溶着無し	4	4300	400
	25	AlN	0.1	非晶質カーボン	1.2	64	溶着無し	1	4800	400
	26	TiCN	0.1	非晶質カーボン	1.1	66	溶着無し	6	4100	400
	27	SiO ₂	0.1	非晶質カーボン	1.1	66	溶着無し	8	4000	400
	28	TiAlN	0.05	非晶質カーボン	0.05	68	溶着無し	0	5500	400
	29	なし	—	非晶質カーボン	3.0	66	溶着無し	0	5600	400
比較品	30	なし	—	非晶質カーボン	1.0	66	溶着無し	0	5500	400
	1	Cr	0.1	水素化非晶質カーボン	1.1	96	溶着あり	25	2200	20
	2	なし	—	水素化非晶質カーボン	1.1	98	溶着あり	20	2500	20
	3	なし	—	水素化非晶質カーボン	1.2	98	溶着あり	35	2000	20
	4	なし	—	TiN	1.3	180	溶着(10穴)	0	2000	400
従来品	5	TiN	0.1	TiAlN	1.3	200	溶着(3穴)	0	2500	400
	1	なし	—	なし	—	100	溶着あり	—	—	—

[0028]

[Table 3]

切削材	A5052P
切削速度	100m/min
送り	0.5mm/rev
深さ	40mm
加工数	1000穴

[0029] As shown in Table 2, the comparison article 1-2 which is the hydrogenation amorphous carbon film whose hydrogen content formed with chemical vapor deposition is more than 20at% has thrust resistance comparable as a non coat, and that of joining-proof nature is bad. The TiN film (comparison article 4) and the TiAlN film (comparison article 5) were remarkably large, and with the comparison article 4, cutting force is ten holes and began to weld them in 3 **** beams and time in the comparison article 5. While the drill (this invention article 1-30) of the example of this invention which hardly contains hydrogen to it has the abrasion resistance which was excellent in aluminum punching processing, it turns out that it has the outstanding joining-proof nature. Therefore, the hole process tolerance after a perforating process is also very high. Moreover, although this invention article 29-30 which has not given the volume phase had the degree of hardness as high as 2 mm 5500kg /and abrasion resistance's was good, in the comparison article 3, its degree of hardness was as low as 2 mm 2000kg /, and it was immediately worn out. In addition, since this invention article had small cutting force, the workability of the article was good.

[0030] The above-mentioned trial shows that the optimal thickness of the volume phase for improving adhesion of a coat is 0.05-1 micrometer. When larger [when smaller than 0.05 micrometers, adhesion is bad, and] than 1 micrometer, there is no efficient problem, but since membrane formation time amount becomes long, it becomes a cost rise factor.

[0031] (Example 2) About this invention article 2 which covered the amorphous carbon film on the front face of the drill made from superhard, and the comparison article 5 which covered comparison article 4 and the TiAlN film which covered comparison article 1 and the TiN film which covered the hydrogenation amorphous carbon film by chemical vapor deposition, the perforating process of the carbon by the conditions of Table 4 was performed, and the condition of the perforation number and the edge of a blade was evaluated by the same approach as an example 1.

[0032]

[Table 4]

切削材	IG11 (東洋炭素製)
切削速度	1500m/min
送り	0.1mm/rev
深さ	40mm
加工数	5000 穴

[0033] Consequently, since variation produced the comparison article 4-5 which is the conventional covering tool which covered the metal nitride film with physical vapor deposition in the bore diameter of a work material in 1000 **** beams and time, when the condition of a drill was investigated, wear arose in the edge of a blade, and the chipping was accepted at the tip. On the other hand, with the drill of this invention article 2, there is no problem also at the 5000 **** beam time in the processing situation of a work material, and neither wear nor a chipping was accepted also in the drill edge of a blade.

[0034]

[Effect of the Invention] The amorphous carbon covering tool of this invention has the outstanding joining-proof nature, and since abrasion resistance is high, it can make a tool life extend remarkably. It is possible to maintain the abrasion resistance of the front face of the cutting throwaway tip especially represented by lathe-turning tools (a drill, an end mill, reamer, etc.) and the milling cutter tool and cutting tools (a cutter, a knife, slitting machine, etc.). Moreover, since graphite is being used for covering material, it is economical, and since the membrane formation rate is high, working efficiency is also good.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the amorphous carbon covering tool which is a tool for processing of an elasticity metal or hard particle content material, and is characterized by forming said amorphous carbon film in this tool front face by the physical vapor deposition using the raw material containing graphite in the amorphous carbon covering tool with which the amorphous carbon film was covered.

[Claim 2] The amorphous carbon covering tool according to claim 1 characterized by having the volume phase of 0.05 micrometers - 1 micrometer of thickness which consists of one or more sorts of elements chosen from the group of a periodic-table IVa-Va-VIa group metallic element and boron aluminum silicon germanium between the amorphous carbon film and a tool front face.

[Claim 3] The amorphous carbon covering tool according to claim 1 characterized by having the volume phase of 0.05 micrometers - 1 micrometer of thickness which consists of one or more sorts of elements chosen from the group of a periodic-table IVa-Va-VIa group metallic element and boron aluminum silicon germanium, and a compound which consists of one or more sorts of elements chosen from the group of carbon, nitrogen, and oxygen between the amorphous carbon film and a tool front face.

[Claim 4] The sum total thickness of the amorphous carbon film and a volume phase is an amorphous carbon covering tool according to claim 2 or 3 characterized by being 0.1 micrometers - 5 micrometers.

[Claim 5] The hydrogen content of the amorphous carbon film is an amorphous carbon covering tool according to claim 1 characterized by being less than [15at%].

[Claim 6] The amorphous carbon film is an amorphous carbon covering tool according to claim 1 characterized by being formed under the ambient atmosphere which does not contain hydrogen.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-62605
(P2001-62605A)

(43) 公開日 平成13年3月13日 (2001.3.13)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F.I	テーム(参考)
B 2 3 B 27/14		B 2 3 B 27/14	A 3 C 0 2 2
B 2 3 C 5/10		B 2 3 C 5/10	Z 3 C 0 4 6
B 2 3 P 15/28		B 2 3 P 15/28	A 4 G 0 4 6
C 0 1 B 31/02	1 0 1	C 0 1 B 31/02	1 0 1 Z 4 K 0 2 9
C 2 3 C 14/06		C 2 3 C 14/06	F
審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 7 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-242773

(22) 出願日 平成11年8月30日 (1999.8.30)

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 福井 治世

兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友

電気工業株式会社伊丹製作所内

(74) 代理人 100100147

弁理士 山野 宏 (外1名)

Fターム(参考) 3C022 KK00 LL00

3C046 FF09 FF11 FF19 FF23 FF25

4C048 CA02 CB03 CB08 CC02 CC06

4K029 AA02 BA34 BB02 BB10 BC02

CA01 DA02

(54) 【発明の名称】 非晶質カーボン被覆工具

(57) 【要約】

【課題】 被膜した直後の工具表面粗度を良くすると共に、成膜レートが高く、製造コストを低減でき、かつ耐摩耗性のある非晶質カーボン被覆工具を提供する。

【解決手段】 軟質金属または硬質粒子含有材の加工用の工具であって、該工具表面に非晶質カーボン膜が被覆された非晶質カーボン被覆工具において、前記非晶質カーボン膜は、グラファイトを含有する原料を用いた物理的蒸着法によって形成されたことを特徴とする非晶質カーボン被覆工具。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 軟質金属または硬質粒子含有材の加工用の工具であって、該工具表面には、非晶質カーボン膜が被覆された非晶質カーボン被覆工具において、前記非晶質カーボン膜は、グラファイトを含有する原料を用いた物理的蒸着法によって形成されたことを特徴とする非晶質カーボン被覆工具。

【請求項2】 非晶質カーボン膜と工具表面との間には、周期律表IVa・Va・Via族金属元素およびボロン・アルミニウム・シリコン・ゲルマニウムの群から選択される1種以上の元素からなる膜厚 $0.05\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の界面層を有することを特徴とする請求項1記載の非晶質カーボン被覆工具。

【請求項3】 非晶質カーボン膜と工具表面との間には、周期律表IVa・Va・Via族金属元素およびボロン・アルミニウム・シリコン・ゲルマニウムの群から選択される1種以上の元素と、炭素・窒素・酸素の群から選択される1種以上の元素からなる化合物とで構成される膜厚 $0.05\mu\text{m}\sim 1\mu\text{m}$ の界面層を有することを特徴とする請求項1記載の非晶質カーボン被覆工具。

【請求項4】 非晶質カーボン膜と界面層との合計膜厚は、 $0.1\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項2または3記載の非晶質カーボン被覆工具。

【請求項5】 非晶質カーボン膜の水素含有量は、15at%未満であることを特徴とする請求項1記載の非晶質カーボン被覆工具。

【請求項6】 非晶質カーボン膜は、水素を含まない雰囲気下で形成されたことを特徴とする請求項1記載の非晶質カーボン被覆工具。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、アルミニウムなどの硬質金属およびその合金、またはグラファイトなどの硬質粒子含有材を加工する工具の表面に、耐摩耗性および耐溶着性を有する膜を被覆した非晶質カーボン被覆工具に関するものである。特に、旋削工具（ドリル・エンドミル・リーマなど）、フライス工具に代表される切削スローアウェイチップ、切断工具（カッター・ナイフ・スリッターなど）として最適な工具に関する。

【0002】

【従来の技術】従来より切削工具には、切削抵抗を小さくして高能率に加工できること、工具表面の損傷を小さくして高寿命に保つこと、および被加工物の仕上げ（表面形状、母材硬度、寸法精度など）を高品位に行なうことなどが求められている。上記に加えて最近では、環境保全のニーズから、切削を潤滑に行うために使用する切削油剤を減少させる傾向にあり、切削油剤を用いなくても寿命や切削能率が低下しない工具の開発が強く望まれている。そこで、耐摩耗性・潤滑性を改善するために、これら切削工具の表面にTiN・TiC・TiCN・TiAlNなどのT

i系セラミックス被膜を施した工具が広く用いられている。

【0003】しかし、上記Ti系セラミックス膜を被覆した切削工具でも、被加工材がアルミ合金などの軟質金属の場合は、切削工具の切れ刃部分に被加工材が溶着して切削抵抗が大きくなるという問題があった。また、グラファイトなど微細な硬質粒子を含む被加工材の場合には、切削性が高いため高速・高送り条件で加工が行われるので、他の被加工材に比べて工具摩耗が激しいという問題があった。そこで、アルミニウムやその合金、またはグラファイトを加工する工具には、従来、耐溶着性があり高硬度のダイヤモンド膜が用いられていた。

【0004】また、被加工材が溶着しにくい加工工具としては、非晶質カーボン膜を被覆したものもある。この工具の被膜の製法として、従来からよく用いられているものには、炭化水素系ガス（メタン・ベンゼン・アセチレンなど）を用いたプラズマ化学蒸着法によるものがある。

【0005】その他、炭素を原料としたアーキイオンプレーティング法によって被覆する成膜方法を開示した、特開平10-25565号公報の発明がある。この発明の特徴は、粒径 $0.1\mu\text{m}$ 以上の粒子を除くために原料と母材との間に防御体を設けたことである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記ダイヤモンド膜は、多結晶構造であるため表面の凹凸が大きく、精密加工工具として使用するためには、その凹凸によって複雑な形状を成す表面を研磨する必要がある。ところが、ダイヤモンド膜は、現存する材料で一番硬質であるため、その研磨にもダイヤモンドを用いるより他なく、非常にコストアップの要因となっていた。

【0007】更に、通常のTiNなどのセラミックス被膜の膜厚は、 $2\sim 3\mu\text{m}$ であるのに対し、ダイヤモンド膜の場合、最終的に表面を研磨するため、予め $20\sim 30\mu\text{m}$ 程度の厚膜が必要である。また、成膜は、ダイヤモンド成長時に同時成長するグラファイトをエッチング除去しながら行うので、非常に成膜レートが低い。具体的には、他のTiNなどのセラミックス被膜に対して、1/10未満の成膜レートである。従って、研磨工程・成膜工程を含めた製造コストが、非常に高くなるという問題があった。

【0008】一方、上記プラズマ化学蒸着法で作られた非晶質カーボン膜では、水素含有ガスを原料に使用するため、被膜中に水素が15～40at%含まれて、硬度が低くなるという問題がある。実際、この製法による非晶質カーボン膜のヌーブ硬さ（Hk）は最大でも $\text{Hk}=3000\text{kg}/\text{mm}^2$ 程度であり、ダイヤモンド膜の $\text{Hk}=10000\text{kg}/\text{mm}^2$ と比較してかなり硬度が低い。更に、加工時の摩擦によって被膜の温度が上昇して 350°C 程度になると、被膜中の水素は、被膜中から徐々に抜け出す。この結果、非晶質カー

ボン膜は、グラファイト膜に構造が変遷する。すると、著しく硬度が低下してしまう。従って、上記製法による非晶質カーボン膜は、局部的に温度が上がる刃先などの切削工具に被覆した場合、耐摩耗性という点で問題が残る。

【0009】また、上記特開平10-25565号公報の発明は、原料と母材との間に防御体を設けているために、成膜レートが200nm/minと遅い。そのため、膜厚を厚くするためには、長時間を要し現実的でない。更に、この発明も成膜に水素含有ガスを用いるため、実際の硬度はHk=3000kg/mm²程度と低い。

【0010】そこで、本発明の主目的は、被膜した直後の工具表面粗度を良くすると共に、成膜レートが高く、製造コストを低減でき、かつ耐摩耗性のある非晶質カーボン被覆工具を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】本発明は、軟質金属、または硬質粒子含有材を加工する工具であって、工具表面に非晶質カーボン膜が被覆された非晶質カーボン被覆工具において、前記非晶質カーボン膜は、安価に被覆でき、ダイヤモンドに近い特性を持つグラファイトを含有する原料を用いた物理的蒸着法によって形成されたことを特徴とする非晶質カーボン被覆工具である。

【0012】ここで、上記物理的蒸着法による非晶質カーボン膜は、ダイヤモンドライクカーボン膜・DLC膜・a-C:H膜・a-C膜・硬質炭素膜などとも呼ばれ、これら全てを含むものである。そして、この非晶質カーボン膜は、ダイヤモンドに匹敵する高硬度を得るために、グラファイトを出発原料として、グラファイトの昇華反応を利用した被覆方法により得られる。また、この非晶質カーボン膜は、成膜中に故意に反応ガスを導入しなければ、成膜中に不可避免的に含まれる不純物を除いて炭素原子により構成されることになる。従って、上記非晶質カーボン膜は、水素化非晶質カーボンよりダイヤモンドに近い構造であり、硬度を高くできると同時に、耐酸化特性もダイヤモンドと同様の600℃近くまで改善される。

【0013】上記グラファイトを出発原料とした物理的蒸着法は、一般に工業的に用いられるアークイオンプレーティング法・レーザーアブレーション法やスパッタリング法などが好適である。これらの成膜方法は、成膜レートが高く、またダイヤモンド膜のような製造コストの問題もない。なお、本発明では、特に、アークイオンプレーティング法による成膜方法が好ましい。更に、高硬度を得るために、水素含有量が少ないガスの雰囲気で行うことが好ましい。また、本発明では、特開平10-25565号公報の発明のように、原料と工具表面との間には防御体などを設けておらず、成膜レートは400nm/minと高い。加えて、非晶質カーボン膜の表面粗度をよくするために、グラファイト原料からの粒状飛散物を防止する方

法も提案できる。例えば、グラファイト原料に対するアーク電流を小さくすることで蒸発量を少なくして成膜する方法や曲管を用いアークプラズマを磁力で曲げて直線的に移動する粒状飛散物を除く方法などがある。これらの成膜方法により、平滑な膜が得られる。

【0014】非晶質カーボン膜と工具表面との間には、界面層を有することが望ましい。この界面層は、周期律表IVa、Va、VIa族金属元素およびボロン、アルミニウム、シリコン、ゲルマニウムの群から選択される1種以上の元素からなるものが好ましい。或いは、非晶質カーボン膜と工具材料の間に、周期律表IVa、Va、VIa族金属元素およびボロン、アルミニウム、シリコン、ゲルマニウムの群から選択される1種以上の元素と、炭素、窒素、酸素の群から選択される1種以上の元素からなる化合物とで構成されるものでもよい。そして、界面層の膜厚は、0.05μm〜1μmであることが望ましい。0.01μm未満では、被膜との密着性の改善効果が不充分であり、1μmを超えると密着性は余り変わり無いが、成膜時間が長くなるため不経済である。このような界面層を介在させることで、通常のTiNなどのセラミックス被膜に比べ著しく低い被膜の密着性が高められ、工具寿命を延ばすことが可能である。

【0015】上記非晶質カーボン膜と界面層との合計膜厚は、0.1μm〜5μmであることが好適である。0.1μm未満では摩耗し易く、5μmを超えると被膜に蓄積される内部応力が大きくなり、剥離し易くなるからである。

【0016】被膜の硬度を高くするために、非晶質カーボン膜の水素含有量は、15at%を超えると膜の硬度が極端に低下するため、15at%未満であることが好ましい。また、水素含有量は少ないほどよい。そのため、より好ましくは10at%未満、更に好ましい水素含有量は、0〜5at%である。これより、Hk=3500kg/mm²以上、特にHk=5000kg/mm²以上の硬度を有する。なお、水素含有量を少なくするためには、非晶質カーボン膜を被覆する物理的蒸着法において、水素を含まない雰囲気下で形成するとよい。例えば、アルゴンガスや窒素ガスなどの不活性ガスなどを用いるとよい。

【0017】なお、上記非晶質カーボン膜の含有物において、硬度や耐酸化性を低下させない範囲、即ち、被膜構成元素中において15at%未満の範囲で、より好ましくは10at%未満の範囲で、水素・窒素・アルゴンなどの原子が被膜中に含まれていてもよい。

【0018】本発明非晶質カーボン被覆工具基材には、超硬合金・各種セラミック・ハイス鋼などがよい。本発明非晶質カーボン被覆工具は、ドリル・エンドミル・リーマ・スローアウェイチップ・カッター・ナイフ・スリッターなどに適する。また、これらの被覆材として、アルミニウム及びその合金などの軟質金属、またはグラファイトなどの硬質粒子含有材などがよい。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。本発明非晶質カーボン被覆工具の成膜は、図1に示す成膜装置1によって行う。図1に示すように、成膜装置1は、上部にガス導入口10を有し、下部には排気口11を具え、この排気口11には真空排気ポンプ（図示せず）を接続している。成膜装置1内の対向する位置に、複数個のターゲット（原料）2・3を配置する。このターゲット2・3は、真空アーク電源7・8に接続させる。また、成膜装置内1中央部には、基材5を装着する基材保持具4を設置している。この基材保持具4は、回転することで装着した基材5に、ターゲット2・3から発生するイオンを満遍なく付着できる構成である。基材保持具4を中心として対向する位置に、基材5を加熱する基材加熱ヒーター6を配置している。

【0020】上記装置を用いた真空アーク放電によるイオンプレーティング法は、以下の手順により行う。

(1) 成膜装置1内に複数個のターゲット2・3を配置する。ターゲット2・3は、真空アーク電源7・8に接続する。

(2) ターゲット2・3の中心点を中心として、これらターゲット2・3間で回転する基材保持具4に基材5を装着する。

【0021】(3) 真空アーク電源7・8の放電電流を制御しながら界面層および非晶質カーボンを被覆する。放電電流を制御することによって、アーク放電が変化し、それによりターゲット2・3材料の蒸発量が増減することで被覆される。成膜装置1内の真空度は、 7×10^{-3} Paの雰囲気とする。アルゴンガスをガス導入口10から導入して 1×10^{-1} Paの雰囲気に保持しながら、基材加熱ヒーター6を用いて100℃まで加熱する。基材保持具4に-1000Vの電圧（バイアス電源）9をかけて洗浄を行った後、アルゴンガスを真空排気ポンプ11により排気する。

【0022】(4) 成膜装置1内に、 N_2 ガス・ CH_4 ガス

・アルゴンガスのいずれか一種類あるいは数種類を合計流量100cc/minの割合で導入しながら、周期律表IVa・Va・Vla族金属元素・アルミニウム・シリコンのターゲット2を真空アーク放電により蒸発・イオン化させることによりドリル表面上に界面層を形成する。更に、その上にグラファイトのターゲット3を蒸発・イオン化させることで非晶質カーボン膜を形成する。

【0023】以下、本発明非晶質カーボン被覆工具の実施例により具体的に説明する。実施例では、水素含有量が少ない（水素含有ガスをを用いない場合も含む）雰囲気下で非晶質カーボン膜を被覆した工具を使用した。また、比較例においては、上記のガスに加え水素含有ガスを含む雰囲気下で形成した被覆工具を使用した。なお、本発明非晶質カーボン被覆工具の形成は、ここで用いた製法に限られるものではなく、グラファイトを用いた物理的蒸着法で成膜されたものであれば、いずれの方法であってもよい。

【0024】（実施例1）工具基材として、組成がJIS規格K10であるφ8mmの超硬合金製ドリルを用いて、表1・2に示すように膜厚と界面層の成分とを変えた本発明品1〜30を用意した。本発明品1〜28は、上記の方法により被膜を施したドリルである。本発明品29・30は、界面層を被覆していない工具である。また比較のため、表2に示すように比較品1〜5の被覆ドリルも用意した。なお、比較品1〜3は、通常のアーク放電装置を使用して、上記と同じドリル表面に水素を多く含有する非晶質カーボン膜を形成したものである。

【0025】上記のドリルに対し、表3の条件による穴あけ試験（外部給油による湿式条件）を行い、ノンコートドリルに対するスラスト低減率および切刃における被着状況を測定した。なお、スラスト低減率は、従来品1のスラスト抵抗を基準として評価する。上記の各切削試験の結果を表1・2に示す。

【0026】

【表1】

	界面層		表面層		スラスト 低減率(%)	溶着状況	水素含有 量(at%)	ヌーブ硬度 (kg/mm ²)	成膜V-T (nm/min)
	膜質	膜厚(μm)	膜質	膜厚(μm)					
1	Cr	0.05	非晶質か-βγ	1.2	67	溶着無し	0	5000	400
2	Cr	0.1	非晶質か-βγ	1.1	65	溶着無し	0	4500	400
3	Cr	0.5	非晶質か-βγ	1.0	61	溶着無し	0	4400	400
4	Cr	1.0	非晶質か-βγ	1.1	63	溶着無し	0	4500	400
5	Cr	1.0	非晶質か-βγ	1.2	64	溶着無し	0	4800	400
6	Cr	0.1	非晶質か-βγ	0.1	68	溶着無し	0	3500	400
7	Cr	0.1	非晶質か-βγ	2.5	65	溶着無し	0	5500	400
8	Cr	0.1	非晶質か-βγ	4.9	64	溶着無し	0	8000	400
9	Ti	0.1	非晶質か-βγ	1.2	62	溶着無し	5	4400	400
10	V	0.1	非晶質か-βγ	1.3	64	溶着無し	8	4000	400
11	Zr	0.1	非晶質か-βγ	1.1	64	溶着無し	4	4800	400
12	Nb	0.1	非晶質か-βγ	1.1	63	溶着無し	10	3800	400
13	Mo	0.1	非晶質か-βγ	1.2	63	溶着無し	13	3500	400
14	Hf	0.1	非晶質か-βγ	1.2	65	溶着無し	6	4200	400
15	Ta	0.1	非晶質か-βγ	1.1	64	溶着無し	5	4400	400
16	W	0.1	非晶質か-βγ	1.2	63	溶着無し	9	4500	400
17	Si	0.1	非晶質か-βγ	1.1	64	溶着無し	2	4600	400

本発明品

【0027】

【表2】

		界面層		表面層		スラスト 低減率(%)	溶 状 況	水素含有 量(at%)	ヌープ硬度 (kg/mm ²)	成膜レート (nm/min)
		膜質	膜厚(μm)	膜質	膜厚(μm)					
本発明品	18	Al	0.1	非晶質カーボン	1.0	66	溶着無し	0	5000	400
	19	B	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	2	4600	400
	20	Ge	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	5	4450	400
	21	TiH	0.1	非晶質カーボン	1.0	62	溶着無し	5	4450	400
	22	CrH	0.1	非晶質カーボン	1.1	61	溶着無し	1	4300	400
	23	VH	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	3	4400	400
	24	ZrH	0.1	非晶質カーボン	1.3	64	溶着無し	4	4300	400
	25	AlH	0.1	非晶質カーボン	1.2	64	溶着無し	1	4800	400
	26	TiCN	0.1	非晶質カーボン	1.1	66	溶着無し	6	4100	400
	27	SiO ₂	0.1	非晶質カーボン	1.1	65	溶着無し	8	4000	400
	28	TiAlN	0.05	非晶質カーボン	0.05	68	溶着無し	0	5500	400
	29	なし	—	非晶質カーボン	3.0	65	溶着無し	0	5600	400
比較品	30	なし	—	非晶質カーボン	1.0	66	溶着無し	0	5500	400
	1	Cr	0.1	水素化非晶質カーボン	1.1	96	溶着あり	25	2200	20
	2	なし	—	水素化非晶質カーボン	1.1	98	溶着あり	20	2500	20
	3	なし	—	水素化非晶質カーボン	1.2	98	溶着あり	35	2000	20
	4	なし	—	TiN	1.3	180	溶着(10穴)	0	2000	400
従来品	5	TiN	0.1	TiAlN	1.3	200	溶着(3穴)	0	2500	400
	1	なし	—	なし	—	100	溶着あり	—	—	—

【0028】

【表3】

切削材	AS052P
切削速度	100m/min
送り	0.5mm/rev
深さ	40mm
加工数	1000穴

【0029】表2に示すように、化学的蒸着法で形成した水素含有量が20at%以上である水素化非晶質カーボン膜である比較品1・2は、スラスト抵抗がノンコートと同程度で、かつ耐溶着性が悪い。TiN膜（比較品4）、TiAlN膜（比較品5）は、切削抵抗が著しく大きく、比較品4では10穴で、比較品5では、3穴空けたところで溶着し始めた。それに対し、水素を殆ど含まない本発明品のドリル（本発明品1～30）は、アルミ穴あけ加工において優れた耐摩耗性を有すると同時に、優れた耐溶着性を具えることが分かる。従って、穴開け加工後の穴加工精度も非常に高い。また、界面層を施していない本発明品29・30は、硬度が5500kg/mm²と高く、耐摩耗性がよいが、比較品3においては、硬度が2000kg/mm²と低く、すぐに摩耗した。なお、本発明品は、切削抵抗が小さいため作業性がよかった。

【0030】上記試験から、被膜の密着性を良くするための界面層の最適な厚みは、0.05～1μmであることが分かる。0.05μmより小さいと付着性が悪く、1μmより大きいと性能的な問題はないが、成膜時間が長くなるためコストアップ要因となる。

【0031】（実施例2）実施例1と同じ方法により、超硬製ドリルの表面に非晶質カーボン膜を被覆した本発明品2と、化学蒸着法による水素化非晶質カーボン膜を被覆した比較品1・TiN膜を被覆した比較品4・TiAlN膜を被覆した比較品5とについて、表4の条件によるカー

ボンの穴開け加工を行い、穴開け個数と刃先の状態を評価した。

【0032】

【表4】

切削材	1G11(東洋炭素製)
切削速度	1500m/min
送り	0.1mm/rev
深さ	40mm
加工数	5000穴

【0033】その結果、物理的蒸着法により金属窒化物膜を被覆した従来の被覆工具である比較品4・5は、1000穴空けたところで被加工材の穴径にバラツキが生じたため、ドリルの状態を調べたところ、刃先に摩耗が生じ、その先端でチッピングが認められた。一方、本発明品2のドリルでは、5000穴空けた時点でも被加工材の加工状況に全く問題がなく、ドリル刃先にも摩耗やチッピングは認められなかった。

【0034】

【発明の効果】本発明の非晶質カーボン被覆工具は、優れた耐溶着性を有し、かつ耐摩耗性が高いため、工具寿命を著しく延長させることができる。特に、旋削工具（ドリル、エンドミル、リーマなど）、フライス工具に代表される切削スローアウェイチップ、切断工具（カッター、ナイフ、スリッターなど）の表面の耐摩耗性を維持させることが可能である。また、被覆材料は、グラファイトを使用しているので、経済的であり、また成膜レートが高いので作業効率も良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】工具表面に被覆を施す成膜装置の説明図である。

【符号の説明】

1 成膜装置 2・3 ターゲット 4 基材保持具

5 基材 アス電源
6 基材加熱ヒーター 7・8 アーク電源 9 パイ 10 ガス導入口 11 排気口